

Criterios de fracturas Isotrópica y Anisotrópica aplicada en Tecnología de Materiales: Estado del arte.

*Isotropic and Anisotropic fracture criteria applied in Materials
Technology: State of the art.*

- ¹ Mayra Alejandra Falconi Miranda  <https://orcid.org/0009-0007-8517-8690>
Facultad de Ingeniería , Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
alejandra.falconi@unach.edu.ec
- ² Natalia Priscila Valla Cepeda  <https://orcid.org/0009-0006-6069-5504>
Facultad de Ingeniería , Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
nataly.valla@unach.edu.ec
- ³ Jordy Fabricio Iguasnia Guala  <https://orcid.org/0009-0003-7328-581X>
Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
jordy.iguasnia@unach.edu.ec
- ⁴ Luis Stalin López Telenchana  <https://orcid.org/0000-0001-7548-0406>
Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
luis.lopez@unach.edu.ec



Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 11/05/2023

Revisado: 19/06/2023

Aceptado: 14/07/2023

Publicado: 30/08/2023

DOI: <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v6i3.2654>

Cítese: Falconi Miranda, M. A., Valla Cepeda, N. P., Iguasnia Guala, J. F., & López Telenchana, L. S. (2023). Criterios de fracturas Isotrópica y Anisotrópica aplicada en Tecnología de Materiales: Estado del arte . ConcienciaDigital, 6(3), 192-206. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v6i3.2654>



CONCIENCIA DIGITAL, es una revista multidisciplinar, **trimestral**, que se publicará en soporte electrónico tiene como **misión** contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://concienciadigital.org>

La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec

Esta revista está protegida bajo una licencia Creative Commons Attribution Non Commercial No Derivatives 4.0 International. Copia de la licencia: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Palabras claves:

Fractura,
isotrópica,
anisotrópica,
resistencia,
criterio, carga

Resumen

En Tecnología de Materiales, el estudio de criterios de fractura isotrópicos y anisotrópicos es esencial para comprender y predecir el comportamiento mecánico de los materiales bajo diferentes condiciones de carga. La fractura de materiales es un factor importante a tener en cuenta al diseñar y evaluar estructuras y componentes en una variedad de industrias, desde la aeroespacial y la automoción hasta la construcción. Dependiendo de sus propiedades mecánicas y térmicas, los materiales pueden ser isotrópicos, anisotrópicos u ortotrópicos. Se realizan distintos métodos para el estudio de su comportamiento como son: ensayo de tracción, ensayo de fractura, modelado numérico, microscopía electrónica, fractografía y ensayo de materiales compuestos. Para hablar del análisis de fractura isotrópica se toma en cuenta el criterio de Von Mises, el mismo que es empleado para evaluar la resistencia a la fractura de materiales con comportamiento plástico. Así también, mediante el criterio de Tsai-Wu, se da a observar su aplicación para tener en cuenta las variaciones de propiedades mecánicas en diferentes direcciones en materiales anisotrópicos, como los compuestos. Con la presente investigación se pudo concluir que los criterios de fractura isotrópica y anisotrópica utilizados se transforman en las herramientas ideales y precisas para predecir el comportamiento de fractura de los materiales bajo diferentes condiciones de carga.

Keywords:

Fracture, isotropic,
anisotropic,
strength, criteria,
load

Abstract

In materials technology, the study of isotropic and anisotropic fracture criteria is essential to understand and predict the mechanical behavior of materials under different load conditions. Material fracture is an important factor to consider when designing and evaluating structures and components in a variety of industries, from aerospace and automotive to construction. Depending on their mechanical and thermal properties, materials can be isotropic, anisotropic, or orthotropic. Different methods are carried out for the study of their behavior such as: tensile test, fracture test, numerical modeling, electron microscopy, fractography and test of composite materials. To talk about the isotropic fracture analysis, the Von Mises criterion is taken into account, the same one that is used to evaluate the resistance to fracture of materials with plastic behavior. Likewise, by means of

the Tsai-Wu criterion, its application is given to take into account the variations of mechanical properties in different directions in anisotropic materials, such as composites. With the present investigation it was possible to conclude that the isotropic and anisotropic fracture criteria used become the ideal and precise tools to predict the fracture behavior of materials under different load conditions.

Introducción

En Tecnología de Materiales, los criterios de fractura isotrópica y anisotrópica son cruciales y juegan un papel importante en el diseño y la evaluación de componentes y estructuras. Estos criterios se utilizan para predecir cómo reaccionarán los materiales ante cargas mecánicas y determinar si se producirá o no fractura.

Para empezar, la fractura isotrópica se refiere a un comportamiento uniforme en todas las direcciones del material. Esto implica que las propiedades mecánicas del material, como la resistencia y la tenacidad, son idénticas en todas las direcciones. El criterio de Von Mises es un criterio de fractura isotrópica comúnmente utilizado que se basa en la idea de que el material fallará cuando la deformación equivalente alcance un valor crítico. Este criterio es válido para materiales que muestran propiedades plásticas.

Sin embargo, la fractura anisotrópica ocurre cuando las propiedades mecánicas de un material cambian en diferentes direcciones. Esto podría ser el resultado de la estructura cristalina del material o de la forma en que se fabricó. La fractura anisotrópica es más difícil de analizar que la fractura isotrópica porque las propiedades del material cambian según la dirección de carga. Un criterio comúnmente utilizado para la fractura anisotrópica es el criterio de Tsai-Wu, que tiene en cuenta la resistencia y la orientación de las fibras en materiales compuestos.

Se utiliza el criterio de Griffith para predecir la fractura en materiales cerámicos frágiles y sin plasticidad. Este estándar se basa en la teoría de la energía de deformación elástica almacenada y tiene en cuenta la tensión superficial del material.

Debido a que sus propiedades dependen de la dirección, los materiales anisotrópicos son útiles para aplicaciones en las que se requieren propiedades diferentes en otras direcciones. Los materiales anisotrópicos se pueden utilizar de manera excepcional en compuestos.

Los hallazgos que se han realizado proporcionan una base sólida para el diseño seguro y eficiente de estructuras y componentes para una variedad de aplicaciones industriales. Además, ayudan a avanzar en la ciencia de los materiales y en la tecnología utilizada en la ingeniería moderna, lo que impulsa el desarrollo de materiales más resistentes y confiables.

El progreso en la tecnología de materiales depende del estudio de los criterios de fractura isotrópicos y anisotrópicos. Estos estudios permiten una mejor comprensión del comportamiento de fractura y garantizan el diseño y aplicación exitosa de materiales en una variedad de campos industriales.

Materiales y métodos

En Tecnología de Materiales, se utilizan diversos métodos para evaluar los criterios de fractura isotrópica y anisotrópica, así como para estudiar el comportamiento mecánico de los materiales en general. Algunos de los ensayos destructivos más comunes y de tipo experimental que son llevados a cabo son:

Ensayos de tracción

Es el ensayo más utilizado de forma experimental, este ensayo se utiliza para determinar las propiedades mecánicas básicas de un material, como la resistencia a la tracción y el límite elástico. Estos datos son fundamentales para aplicar criterios de fractura isotrópica en cualquier material (Zwick/Roell, 2023).

En este ensayo, es fundamental el establecimiento de una metodología apropiada, con la finalidad de que el mismo sea reproducible y repetible.

Figura 1

Ensayo de tracción en plásticos (ISO 527 - 1, ISO 527 - 2)



Fuente: (Zwick/Roell, 2023)

Ensayos de fractura

Los ensayos de fractura, como los ensayos de fractura por impacto Charpy o Izod, se utilizan para evaluar la tenacidad y la capacidad de un material para resistir la propagación de grietas. Estos datos son necesarios para aplicar los criterios de fractura isotrópica y anisotrópica en dependencia del tipo de material (Ibertest, 2022).

Figura 2

Ensayo de fractura (Capacidad 200KN)



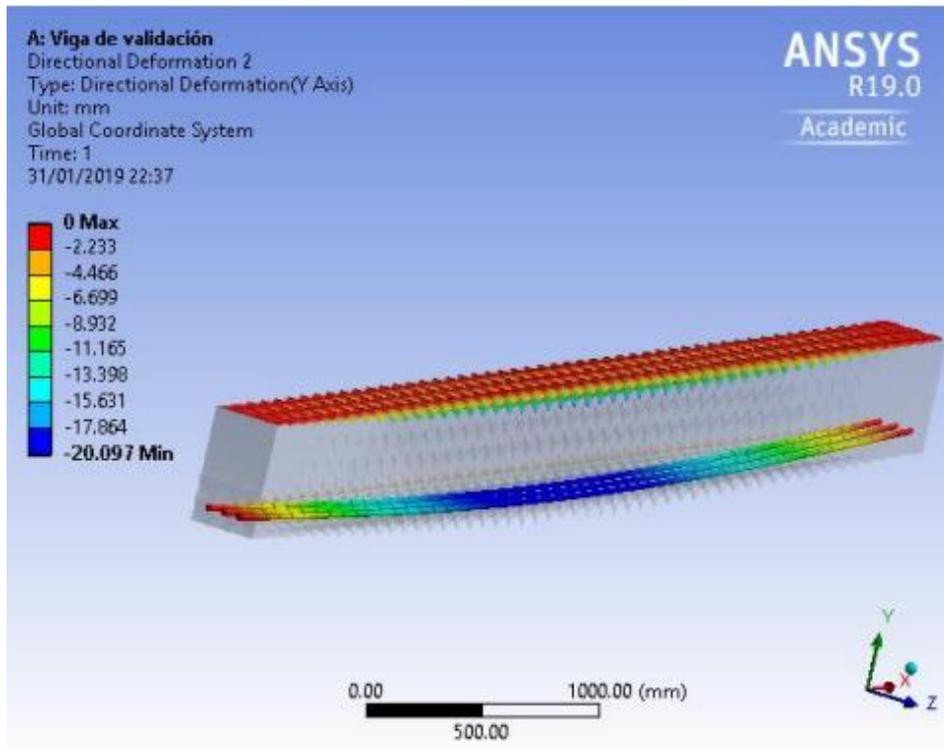
Fuente: (Ibertest, 2022)

Modelación numérica

El modelado matemático mediante el método de elementos finitos u otras técnicas numéricas permite simular el comportamiento mecánico de los materiales y estructuras bajo diferentes condiciones de carga. Estos modelos se utilizan para analizar el comportamiento anisotrópico y predecir fracturas (Álvarez y Coronel, 2019). En el campo ingenieril, esta técnica resulta mucho más rápida, pero depende de los resultados de los ensayos.

Figura 3

Figura esquemática de resultados de deformaciones ANSYSWORKBENCH.



Fuente: (Álvarez y Coronel, 2019)

Microscopía electrónica

La microscopía electrónica, incluida la microscopía electrónica de barrido (SEM) y la microscopía electrónica de transmisión (TEM), se utiliza para examinar la microestructura de los materiales y revelar defectos microscópicos tanto a nivel superficial como a nivel subsuperficial, además de grietas, defectos y otras características importantes relacionadas con la mecánica de fractura (Almería, 2023).

Figura 4

Microscopio Electrónico de Barrido de Alta Resolución



Fuente: (Almería, 2023)

Análisis de fractografía

El método para determinar, evaluar y controlar la calidad de los materiales se denomina fractografía, dicho método fue desarrollado en el siglo XVI. Básicamente, esta práctica utiliza un microscopio de barrido para determinar la probabilidad de que los metales, cerámicos y los plásticos se rompan o sufran algún tipo de fractura.

Mediante este método se detecta una variedad de fallas comunes en plásticos y metales. La fractografía estudia las superficies de las fracturas para descubrir el mecanismo y la causa de la fractura. Este análisis proporciona información útil sobre la resistencia y tenacidad del material a la fractura. (Industriapedia.com, 2022)

Figura 5

Fractografía electrónica

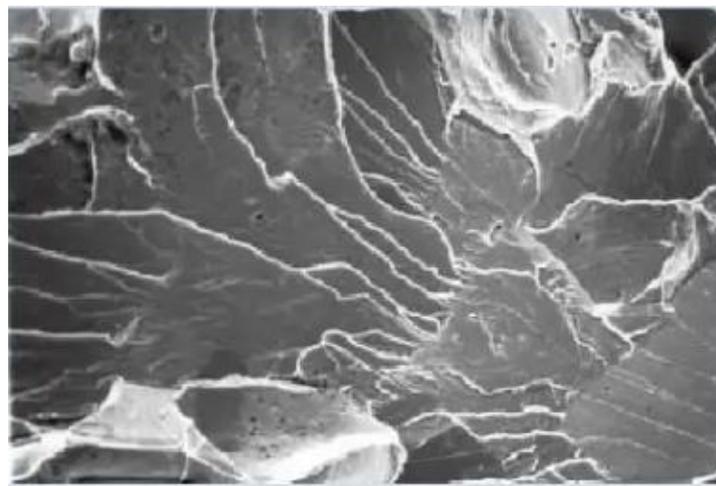


Fuente: (Evident, 2022)

La fractografía se enfoca en el análisis de las superficies de fractura, con el objetivo de determinar las causas y el mecanismo de la misma. Este análisis proporciona información valiosa sobre las propiedades físicas del material como la tenacidad y la resistencia a la fractura, además permite buscar las formas de mitigación para que no vuelva a aparecer algún defecto, convirtiéndose en una herramienta importante en Tecnología de Materiales.

Figura 1

Fractografía electrónica



Fuente: (FRACTOLOGÍA, 1998)

Ensayos de materiales compuestos

Cuando tenemos materiales compuestos es necesario realizar ensayos específicos, con la finalidad de poder evaluar la distribución de las fibras y la resistencia de las mismas en diferentes direcciones. En la actualidad la aplicación de estos ensayos es fundamentales para establecer la mecánica de fractura anisotrópica, como el criterio de Tsai-Wu (Castillo, 2019).

Tabla 1

Combinaciones de material compuesto para ensayos a tracción e impacto

Código	Material de refuerzo	Combinación		Cantidad de probetas	
		N° de Capas	Orientación	Tracción	Impacto
FV 2C 0-90	Fibra de vidrio	2 capas	0-90°	5	9
			45° - 135°	5	9
FV 2C 45-135		4 capas	0°-90°	5	9
FV 4C 0-90			45° - 135°	5	9
FV 2C 45-135	Fibra de carbono	2 capas	0°-90°	5	9
			45° - 135°	5	9
FV 2C 0-90		4 capas	0°-90°	5	9
FV 2C 45-135			45° - 135°	5	9
FV 4C 0-90					
FV 4C 45-135					
FA 2C 0-90	Fibra de aramida	2 capas	0°-90°	5	9
FA 2C 45-135			45° - 135°	5	9
FA 4C 0-90		4 capas	0°-90°	5	9
FA 4C 45-135	45° - 135°		5	9	
TOTAL				60	108

Fuente: (Castillo, 2019)

En conjunto, estos métodos permiten a los ingenieros y científicos de materiales comprender y aplicar adecuadamente los criterios de fractura isotrópica y anisotrópica, lo que contribuye al diseño seguro y eficiente de componentes y estructuras en diversas aplicaciones industriales y tecnológicas.

En la actualidad, los métodos y técnica para evaluar los distintos materiales compuestos han ido mejorando de forma sustentable. Esto debido a que los materiales compuestos se han convertido en la base fundamental para garantizar producción y servicio de estructuras compuestas, la herramienta más empleada para la evaluación de materiales compuestos son los ensayos ultrasónicos de materiales compuestos, la misma ha permitido mejorar la eficiencia de un proceso industrial, garantizando de esta manera la producción y mantenimiento de piezas y partes compuestas (Hu, 2023).

Por lo anterior citado, podemos establecer que las pruebas y evaluaciones no destructivas empleando ultrasonido resultan de vital importancia para el adecuado establecimiento de un método de fabricación inteligente y además de un diseño del ciclo de vida ideal de los distintos tipos de materiales compuestos (Shengzhou, 2019).

Resultados

Los hallazgos de la investigación de los criterios de fractura isotrópica y anisotrópica en la tecnología de materiales ofrecen información útil sobre el comportamiento mecánico y la resistencia de los materiales a cargas y esfuerzos. Estos hallazgos son cruciales para el diseño y la evaluación de estructuras y componentes para una variedad de aplicaciones industriales y tecnológicas.

Distintas investigaciones han desarrollado métodos numéricos y análisis físicos que permiten calcular la resistencia a la fractura de los materiales en la determinación de la resistencia a la fractura, lo que es esencial para garantizar que las estructuras y componentes sean lo suficientemente resistentes y seguros para su uso en una variedad de contextos.

La revisión investigativa realizada permite establecer algunas limitaciones en el diseño de componentes, especialmente en materiales anisotrópicos o compuestos. Estos datos ayudan a los ingenieros a modificar el diseño para maximizar la resistencia y evitar puntos débiles potenciales.

Los criterios de fractura permiten la selección de materiales adecuados para aplicaciones particulares, considerando sus propiedades mecánicas y su resistencia a la fractura. Esto garantiza un rendimiento excepcional y una vida útil prolongada de las estructuras y componentes.

La vida útil de los materiales se puede predecir utilizando ensayos y modelado numérico bajo condiciones de carga y servicio. Esto es fundamental para la gestión de activos y el mantenimiento preventivo en una variedad de sectores.

Al comparar los resultados experimentales con los predichos por el modelado numérico, se valida la precisión de los modelos utilizados y se crea confianza en la simulación para futuros análisis y diseños.

Se identificarán los factores de seguridad adecuados en los criterios de fractura, lo que permite garantizar que las estructuras sean lo suficientemente seguras y confiables, evitando fracturas inesperadas.

Mejorar la comprensión del comportamiento de fractura: los hallazgos ayudan a comprender mejor los mecanismos de fractura y los factores que afectan la resistencia de los materiales. Esto podría llevar a la creación de nuevos materiales con propiedades mecánicas y de fractura mejoradas.

En resumen, los hallazgos de la investigación sobre los criterios de fractura en tecnología de materiales son cruciales para el diseño, la selección y la evaluación de materiales y estructuras para una variedad de aplicaciones industriales y de ingeniería. Desde la industria aeroespacial y automotriz hasta la construcción y la fabricación de dispositivos médicos, estos hallazgos contribuyen a mejorar la seguridad, eficiencia y rendimiento en una variedad de industrias (Guerrero et al., 2011)

Discusión

Sobre la efectividad y precisión de los criterios de fractura isotrópica y anisotrópica utilizados en la investigación, se compara la capacidad de estos criterios para predecir los resultados experimentales y se evalúa si son adecuados para diferentes tipos de materiales y condiciones de carga.

La importancia de la anisotropía, se han estudiado materiales anisotrópicos, se discute cómo la anisotropía afecta el comportamiento de fractura del material y cómo los criterios de fractura anisotrópica son más apropiados para evaluar y predecir su resistencia.

En las aplicaciones prácticas se analizan cómo los resultados y conclusiones obtenidos pueden ser aplicados en la práctica, tanto en el diseño de componentes y estructuras como en la selección de materiales adecuados para diversas aplicaciones industriales y tecnológicas.

Existen limitaciones en futuras investigaciones de estudio, como posibles fuentes de error o incertidumbre en los ensayos o simulaciones numéricas. También se proponen áreas de investigación futuras para abordar aspectos que no se han considerado o para mejorar la comprensión del comportamiento de fractura en materiales específicos.

Se utilizó trabajos previos, pues existen investigaciones anteriores relacionadas con el tema, se comparan los resultados y las conclusiones para destacar las diferencias o similitudes, lo que contribuye a la validación y el respaldo de los nuevos hallazgos.

Se resalta la importancia de los resultados obtenidos y cómo contribuyen al campo de la tecnología de materiales. Se enfatiza cómo este conocimiento puede impactar en el diseño más seguro y eficiente de estructuras y componentes en diversas industrias.

Se discuten las implicaciones prácticas de los resultados y cómo pueden influir en la mejora de la calidad y el rendimiento de los materiales utilizados en aplicaciones industriales, lo que puede llevar a una mayor seguridad, durabilidad y eficiencia en los productos y sistemas.

Conclusiones

- Se ha demostrado que los criterios de fractura isotrópica y anisotrópica utilizados en el estudio son útiles y precisos para predecir el comportamiento de fractura de los materiales bajo diferentes condiciones de carga. Estos estándares han demostrado ser herramientas confiables para evaluar la resistencia y la durabilidad de los materiales para una variedad de aplicaciones.
- La anisotropía de los materiales determina su resistencia y capacidad de fractura. Para una evaluación segura y precisa de materiales anisotrópicos, se requiere un enfoque específico y los criterios de fractura adecuados.
- La investigación y resultados del estudio tienen una gran relevancia práctica para el diseño y la selección de materiales en una variedad de industrias, desde la construcción y la manufactura hasta la aviación y la automoción, estos estándares permiten la elección adecuada de materiales para optimizar el rendimiento y un diseño más seguro y eficiente de componentes y estructuras.
- El estudio ha proporcionado nuevos conocimientos sobre el comportamiento de fractura de los materiales, lo que ayuda a avanzar en la tecnología de materiales y a mejorar la durabilidad y la resistencia de los productos y sistemas.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

Referencias Bibliográficas

- Almería, U. d. (2023). Microscopía Electrónica de Barrido (SEM/FESEM). <https://www.ual.es/universidad/serviciosgenerales/stecnicos/microscopia/microscopia-electronica-de-barrido>

- Álvarez, J., y Coronel, C. (2019). Validación de metodología analítica, mediante un modelo numérico, en viga de h^oa (asimétrica) sometida a flexión biaxial. *Universidad de Cuenca*.
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/32557/1/Trabajo%20de%20itulaci%C3%B3n.pdf>
- Automotriz, I. Y. (2020). ¿Qué es un material Isotrópico, Anisotrópico y Ortotrópico? *Ingeniería y mecánica automotriz*.
<https://www.ingenieriaymecanicaautomotriz.com/que-es-un-material-isotropico-anisotropico-y-ortotropico/>
- Castillo, E. (s.f.). Análisis de criterios de fallo para materiales compuestos. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/72577/CASTILLO%20-%20An%C3%A1lisis%20de%20criterios%20de%20fallo%20para%20materiales%20compuestos.pdf?sequence=4>
- Córdova, C. (08 de Marzo de 2019). Defina Material Isotrópico. *SCRIBD*.
<https://es.scribd.com/document/401390476/Defina-Material-Isotropico>
- García, J. (2011). *Diseño de materiales compuestos*. La Habana.
https://ingenieriamecanica.cujae.edu.cu/public/descargas/Materiales_Compuestos.pdf
- Guerrero, V., Dávila, J., Galeas, S., y Pontón, P. (2011). *Nuevos Materiales, Aplicaciones Estructurales e Industriales*. Escuela Politécnica Nacional, Quito.
https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4532/4/Nuevos_materiales_aplicaciones_estructurales_e_industriales.pdf
- Hu Qichun, Wei Xiaolong, Guo Hanyi, Xu Haojun, Li Caizhi, He Weifeng, Pei Binbin, Study on intelligent and visualization method of ultrasonic testing of composite materials based on deep learning, *Applied Acoustics*, Volume 207, 2023, 109363, ISSN 0003-682X, <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2023.109363>.
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003682X23001615>)
- Ibertest. (2022). Ibertest: <https://www.ibertest.es/products/ensayo-de-fractura/>
- Ipohorski, M. (1998). Fractografía, Aplicaciones al Análisis de Fallas. *Comisión Nacional de Energía Atómica*.
<https://www.cnea.gob.ar/nuclea/bitstream/handle/10665/496/cicacInformeCNEA490ocrA9.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Isotropía, P. d. (2021). Retrieved Julio de 2023, from Isotropía/Anisotropía:
<http://edafologia.ugr.es/optmine/intro/indiuni.htm#anchor67622>

- Jiménez, O. (2002). En el análisis de fractura isotrópica, el criterio de von Mises es ampliamente utilizado para evaluar la resistencia a la fractura en materiales con comportamiento plástico. En O. Jiménez. <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6035/TESI.pdf;sequence=1>
- Montalar, E. (2022). Retrieved 21 de Julio de 2023, from Un blog de geotecnia, ingeniería y opinión: <https://enriquemontalar.com/el-criterio-de-rotura-de-griffith-la-importancia-de-las-microfisuras/>
- Reyes, E. (10 de Julio de 2020). *Que es un material isotropico y anisotropico?* Retrieved 23 de Julio de 2023, from Respuestas rápidas: https://youtu.be/vUm9e_2F_HA
- Shengzhou Liu, Fan Lu, Haidong Li, Xiaoqing Tian, Huanlin Wang, Jumei Li, Yin Yang, Na₂Ru_{0.8}Mn_{0.2}O₃: A novel cathode material for ultrafast sodium ion battery with large capacity and superlong cycle life, *Journal of Power Sources*, Volume 421, 2019, Pages 14-22,
- ISSN 0378-7753, <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2019.03.009>.
- Suárez, B., Castro, A., y Pacheco, A. (2009). Anisotropía mecánica del neis de la casa de máquinas de la hidroeléctrica porce iii. *Redalyc*, 16(1), págs. 55-57. <https://www.redalyc.org/pdf/1695/169516257007.pdf>
- Zwick/Roell. (2023). *Zwick/Roell*. <https://www.zwickroell.com/es/sectores/ensayo-de-ateriales/ensayo-de-traccion/>

El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Conciencia Digital**.



El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Conciencia Digital**.



Indexaciones

